



#4

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 100 41 137.1

**Anmeldetag:** 21. August 2000

**Anmelder/Inhaber:** Philips Corporate Intellectual Property GmbH,  
Hamburg/DE

**Bezeichnung:** Anordnung zum Testen von integrierten Schaltkreisen

**IPC:** G 01 R 31/3183

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 15. Mai 2001  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Weihnacht

PHCH000018



## ZUSAMMENFASSUNG

### Anordnung zum Testen von integrierten Schaltkreisen

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zum Testen von integrierten Schaltkreisen, ein Testsystem (2), einen zu testenden Schaltkreis (1) und ein Verfahren zum Testen von

5 Logikschaltkreisen, bei dem das Testsystem (2) einen programmierbarer algorithmischen Testvektorgenerator (4) enthält, der Testvektoren in Echtzeit generiert und diese zum zu testenden Schaltkreis (1) übertragen werden.

10 Fig. 3

10

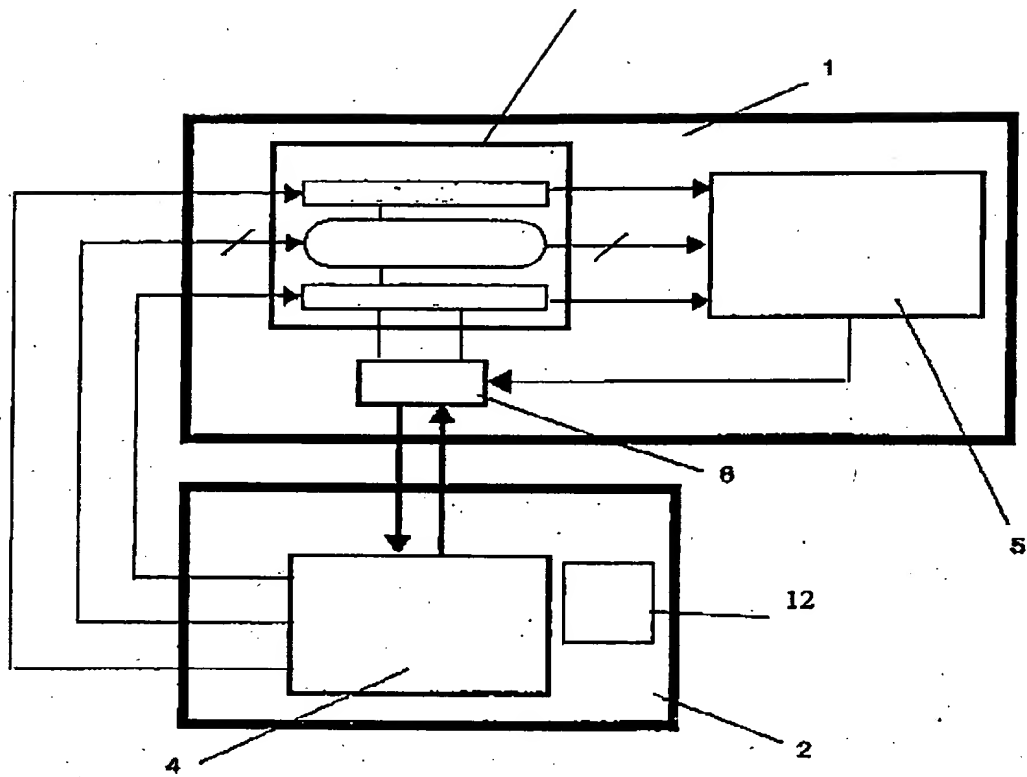


Fig. 3

PHCH000018

## BESCHREIBUNG

### Anordnung zum Testen von integrierten Schaltkreisen

- Die Erfindung betrifft eine Anordnung zum Testen von integrierten Schaltkreisen, ein Testsystem, einen zu testenden integrierten Schaltkreis und ein Verfahren zum Testen
- 5 von Logikschaltkreisen.

- Um Logikkomponenten oder Logikschaltkreise zu testen, werden bekannterweise Testsysteme verwendet, die für einen Test erforderlichen Testvektoren in einem großen Testvektorspeicher speichern. Testvektoren stellen einer Anzahl von logischen Mustern dar.
- 10 Neben dieser Testanordnung besteht eine Alternative in der Verwendung von in die zu testenden Schaltkreise oder ICs (Device unter Test DUT) zu integrierenden Selbsttesteinheiten oder BIST-Einheiten (Built In Self Test). Bei diesen BIST-Einheiten werden die Testvektoren auf dem DUT generiert und auch die Testantwortvektoren auf dem DUT verarbeitet. Die auf dem DUT integrierten BIST-Einheiten verbrauchen jedoch zusätzliche
- 15 Siliziumfläche.

- Die zuerst genannten Testsysteme können entweder mit sehr großen Testspeichern ausgestattet sein, wodurch jedoch die Komplexität und auch der Preis derartiger Testsysteme steigt oder es werden Testsysteme benutzt, die mittels eines einfachen algorithmischen
- 20 Testvektorgenerator (APG) entsprechende Testvektoren erzeugen. Testsysteme für Speicher ICs erzeugen mittels dieser APGs die Testvektoren. Dabei ist die Erzeugung der Speichertestvektoren auf einfache Testvektoren, die hauptsächlich aus Adressen- und Datenwerten bestehen, beschränkt.
- 25 Bei Submikronprozessen können Defektypen auftreten, die eine signifikant höhere Anzahl von Testvektoren erfordern. Für diese erhöhte Anzahl von Testvektoren ist ein noch wesentlich größerer und teurer Testvektorspeicher erforderlich.

- Die andere genannte Alternative Logikschaltkreise zu testen, wäre eine BIST- Einheit auf
- 30 einen derartigen IC zu integrieren. Der Nachteil dieser Methode besteht darin, dass

zusätzliche Siliziumfläche benötigt wird und auch ein entsprechendes Design für den Test der speziellen ICs erforderlich ist. Eine derartige BIST-Einheit würde Testvektoren auf dem Chip generieren. Die Testantwort nach Durchlaufen der Testvektoren durch die Logik würde auf dem Chip von einer Analyseeinheit in eine Signatur komprimiert werden.

5 An einem Ausgang des Schaltkreises ist dann die Signatur abgreifbar.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Anordnung zum Testen von Logikschaltkreisen bereitzustellen, die wenig zusätzlichen Platz auf dem zu testenden IC (DUT) beansprucht, ohne die Testperformance herabzusetzen und ohne große Testspeicher zu verwenden.

10

Die Aufgabe der Erfindung wird dadurch gelöst, dass eine Anordnung zum Testen von integrierten Schaltkreisen, mit einem Testsystem, das einen Testvektorgenerator zur Erzeugung von Testvektoren enthält und einer auf dem zu testenden IC enthaltenen Logikkomponente vorgesehen ist.

15

In das Testsystem ist ein Testvektorgenerator implementiert, der programmierbar ist und aufgrund dessen in der Lage ist, Testvektoren zu generieren, die zu dem DUT übertragen werden. Das in den Testvektorgenerator ist ein Algorithmus implementiert, der programmierbar ist. Dort durchlaufen die Testvektoren eine zu testende Logikkomponente und werden zu einer Testantwortanalyseeinheit übertragen. In dieser Testantwortanalyseeinheit durchlaufen die Testantwortvektoren eine sequentielle Logik, werden komprimiert und es wird eine Checksumme gebildet. Die Checksumme wird mittels eines Testkontrollblocks zum Testsystem übertragen, wo ein Vergleich der gebildeten Testchecksumme mit einer Referenzchecksumme vorgenommen wird.

25

Die Testvektoren werden wie bei dem BIST-System in Echtzeit erzeugt, jedoch auf dem Testsystem. Der große und teure Speicher für die Testvektoren auf dem Testsystem wird durch den programmierbaren algorithmischen Testvektorgenerator ersetzt, der die Testvektoren erzeugt. Dieser Testvektorgenerator enthält einen Prozessor, insbesondere eine arithmetische Logik Einheit (ALU) und ist durch Programmierung in der Lage die entsprechend erforderlichen Testvektoren in Echtzeit zu erzeugen.

30

Vorteilhaft bei dieser Realisierung ist das Testen mit hoher Geschwindigkeit, da das Testsystem den DUT schnell treiben kann und die Datenmengen, die vom DUT zum Testsystem übertragen werden, gering sind.

- 5 Der Testkontrollblock ist für das Umschalten zwischen den unterschiedlichen Modi verantwortlich. Für einen Test muss der DUT vom normalen Betrieb zum Testmode umgeschaltet werden. Der Testkontrollblock kontrolliert das Umschalten von einem Normalbetrieb des Schaltkreises in einen Testmodus. Dabei isoliert der Testkontrollblock die Logikkomponente von einer für einen Test nicht erforderlichen Peripherie und steuert alle notwendigen Kontroll- und Datensignale, die zur Übertragung der Testvektoren vom Testsystem zum DUT und zur Übertragung von Testantworten und/oder Checksummen vom DUT zum Testsystem erforderlich sind.

- 15 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die Testantwortanalyseeinheit zusammen mit dem programmierbare algorithmischen Testvektorgenerator auf dem Testsystem integriert. Der programmierbare algorithmischen Testvektorgenerator erzeugt mittels des Prozessors Testvektoren, die zu dem DUT übertragen werden. Der DUT überträgt die Testantwortvektoren zu der im Testsystem befindlichen Testantwortanalyseeinheit. Dort werden die entsprechenden Testantworten komprimiert und es wird eine Checksumme  
20 gebildet, die dann in dem Testsystem mit einer Referenzchecksumme verglichen wird.

- Nachteilig bei dieser Implementation ist der Geschwindigkeitsverlust, der durch die Integration der Testantwortanalyseeinheit auf dem Testsystem auftritt. Der DUT muss alle Testantwortvektoren zum Testsystem übertragen und benötigt hierfür entsprechend viel  
25 Zeit. Jedoch entsteht der Vorteil, dass bereits bestehende Logikschaltkreise mit einem derartigen Testsystem getestet werden können, ohne diese Schaltkreise umzudesignen.

- Wenn die Testantwortanalyseeinheit im DUT implementiert ist, wird letztendlich nur die Checksumme mittels des Testkontrollblocks zum Testsystem übertragen. Dies hat den  
30 Nachteil, dass eine Fehlerlokalisierung nicht möglich ist, da nicht nachvollziehbar ist, weshalb die Checksumme in der vorliegenden Fassung zustande gekommen ist. Ist die Testantwortanalyseeinheit jedoch auf dem Testsystem integriert, werden die Testant-

wortvektoren, nachdem die Testvektoren die Logikkomponente auf dem DUT durchlaufen haben, direkt zum Testsystem übertragen, so dass eine Fehlerlokalisierung möglich ist.

- 5- Vorteilhaft bei der Erfindung ist weiterhin, dass durch die Programmierung des Testvektorgenerators mit seinem Prozessor eine Veränderung der Testvektoren leicht möglich ist. Was bei bekannten BIST-Testanordnungen nicht möglich ist.

- 10 Als deutlichster Vorteil der Erfindung ist hervorzuheben, dass durch den programmierbaren Testvektorgenerator einfache Testsysteme modifiziert werden können, so dass durch die Erzeugung von sowohl Pseudozufallstestvektoren als auch von deterministischen Testvektoren Logikkomponenten getestet werden können.

- 15 Bei der Ausführung der Erfindung nach Anspruch 2 ist es notwendig, die Testantwortanalyseeinheit auf dem DUT zu designen.

- 20 Bei der Ausführung der Erfindung nach Anspruch 4 ist es nicht notwendig, ein Design des DUTs für den Test vorzunehmen, weil die Testantwortanalyseeinheit in das Testsystem integriert ist.

Welche der genannten Alternativen zum Test von Logikkomponenten benutzt wird, hängt von äußeren Bedingungen ab. Dabei ist zu berücksichtigen, wie viel Zeit für den Test zur Verfügung steht, ob ein zusätzliches Design für die Testantwortanalyseeinheit möglich ist usw.

- 25 Nachfolgend wird anhand der Zeichnung ein Ausführungsbeispiel näher beschrieben:

- Fig. 1 ein Testsystem mit Testvektorspeicher nach dem Stand der Technik,  
Fig. 2 BIST-Testanordnung nach dem Stand der Technik,  
30 Fig. 3 DUT mit Testantwortanalyseeinheit und Testsystem mit Testvektorgenerator,  
Fig. 4 Testsystem mit Testvektorgenerator und Testantwortanalyseeinheit.

In Fig. 1 ist der DUT 1 und das Testsystem 2 dargestellt. Das Testsystem 2 beinhaltet den Testvektorspeicher 3. Dieser Testvektorspeicher 3 erreicht leicht Größen von mehreren Megabyte. Im DUT ist eine Logikkomponente 8 enthalten. Das Umschalten zwischen Testmode und normalem Betriebsmodus erfolgt mittels Testkontrollblock 6, der auch den Austausch von Steuerungsdaten zwischen Testsystem und dem DUT kontrolliert. Über die Verbindungen 10 werden die Testvektoren und über die Verbindungen 11 die Testantwortvektoren übertragen.

Fig. 2 zeigt einen aus dem Stand der Technik bekannte BIST-Einheit mit einem Testsystem. In den DUT 1 ist der programmierbare algorithmische Testvektorgenerator 4, die Logikkomponente 8, der Testkontrollblock 6 und die Testantwortanalyseeinheit 5 implementiert. Das Testsystem 2 initiiert und kontrolliert den Testablauf und bewertet die vom DUT 1 erzeugte und zum Testsystem 2 übertragene Checksumme, indem diese Checksumme mit einer Referenzchecksumme auf dem Testsystem verglichen wird.

Fig. 3 zeigt eine erfindungsgemäße Realisierung einer derartigen Testanordnung. Der zu testende IC 1 (DUT) enthält eine Logikkomponente 8, einen Testkontrollblock 6 und eine Testantwortanalyseeinheit 5. Das Testsystem 2 enthält den programmierbaren algorithmischen Testvektorgenerator 4 mit einem Prozessor 12. Dieser Testvektorgenerator erzeugt Testvektoren und überträgt diese über die Verbindung 10 zum DUT 1, wo die Testvektoren die Logikkomponente 8 durchlaufen. Die Testantwortvektoren werden zur Testantwortanalyseeinheit 5 übertragen, wo sie eine sequentielle Logik durchlaufen und in eine Checksumme gebildet wird. Diese Checksumme wird unter Kontrolle des Testkontrollblocks 6 an einen primären Ein/Ausgang des Test IC angelegt, von dem das Testsystem 2 sich diese Checksumme abgreifen kann und mit einer Referenzchecksumme vergleichen kann und somit eine Entscheidung über ein positives oder negatives Testergebnis fällen kann.

In Fig. 4 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung zum Testen von Logikschaltkreisen. Der DUT 1 enthält eine Logikkomponente 8 und den Testkontrollblock 6. In das Testsystem 2 ist der programmierbare algorithmische Testvektorgenerator 4, der Prozessor 12 und die Testantwortanalyseeinheit 5 integriert. Über



die Verbindung 10 werden die Testvektoren vom programmierbaren algorithmischen Testvektorgenerator zum DUT 1 übertragen. Dort durchlaufen sie die Logikkomponente 8. Die Testantwortvektoren werden über die Verbindung 11 zur Testantwortanalyseeinheit 5 im Testsystem 2 übertragen, wo diese Testantwortvektoren komprimiert werden und eine Checksumme gebildet wird. Diese Checksumme wird mit einer im Testsystem gespeicherten Referenzchecksumme verglichen, um ein Testergebnis zu erzeugen.

Der Prozessor 12 übernimmt sowohl das Erzeugen der Testvektoren in Echtzeit, als auch das Komprimieren der vom DUT 1 übertragenen Testantwortvektoren.

10

Ein Multiple Input Shifts Register (MISR) ist eine Hardwareimplementierung für eine Testantwortanalyseeinheit. Es komprimiert alle Ausgänge in eine Signatur oder Checksumme. Diese Methode wird auch zyklische Redundanzüberprüfung (cyclic redundancy Check CRC) genannt. Eine weitere Realisierung einer Testantwortanalyseeinheit ist ein Adder, der dann jeweils eine Checksumme bildet. Die Testantwortanalyseeinheit ist auch

15

mittels eines Prozessors realisierbar.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, wo das Ergebnis eines derartigen Tests oder die Fehleraussage erzeugt wird. Die zuvor berechnete Referenzchecksumme kann entweder im DUT 1 gespeichert sein und wird dann demzufolge auch in diesem DUT 1 verglichen und gibt als Fehleraussage eine Pass- oder Fail Entscheidung aus. Ebenso ist es möglich, dass diese Referenzchecksumme auf dem Testsystem gespeichert ist und auch der Vergleich dort vorgenommen wird.

20

25

PHCH000018

PATENTANSPRÜCHE

1. Anordnung zum Testen von integrierten Schaltkreisen, mit  
- einem Testsystem (2), das einen Testvektorgenerator (4) zur Erzeugung von  
Testvektoren enthält und  
- einer auf dem zu testenden Schaltkreis (1) enthaltenen Logikkomponente(8).

5

2. Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass der zu testende Schaltkreis (1) eine Testantwortanalyseeinheit (5) zur Komprimierung  
von Testantwortvektoren und

- 10 einen Test-Kontroll-Block (6) zur Steuerung des Testverfahrens enthält.

3. Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Testvektorgenerator (4) im Testsystem (2) dazu vorgesehen ist, die erforderlichen

- 15 Testvektoren zu erzeugen, die zur Übertragung zum zu testenden Schaltkreis (1)  
vorgesehen sind.

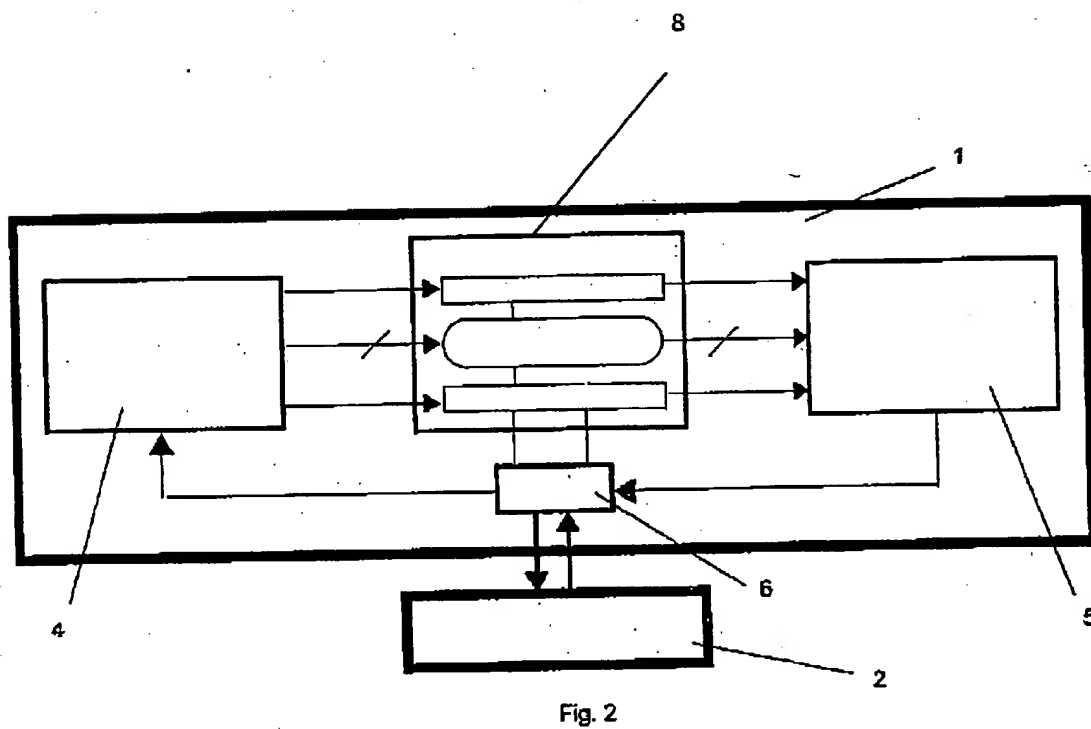
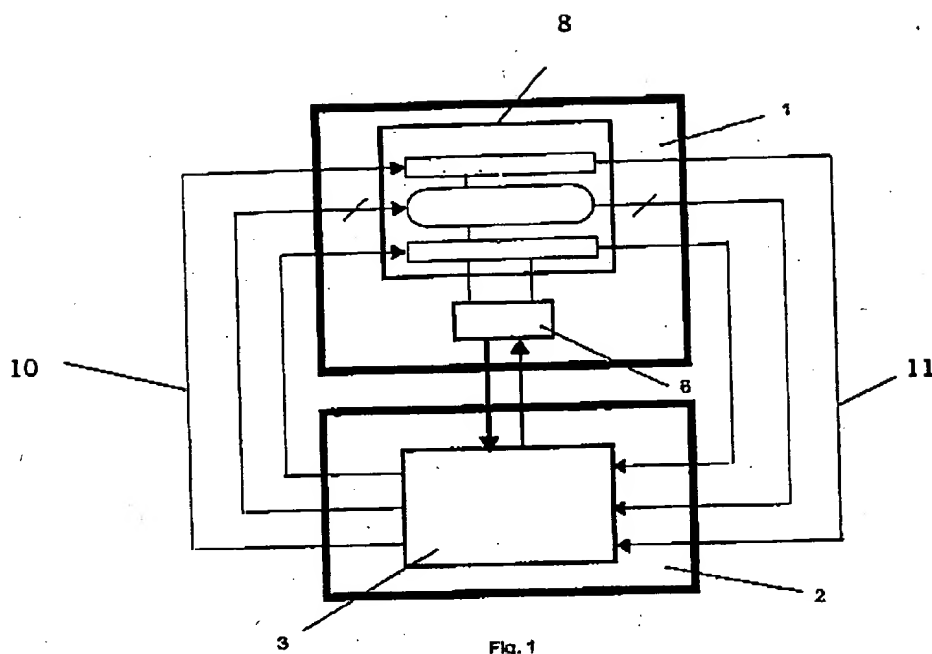
4. Anordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- 20 dass die Testantwortanalyseeinheit (5) auf dem Testsystem (2) angeordnet und dazu  
vorgesehen ist, die vom zu testenden Schaltkreis (1) erzeugten Testantwortvektoren zu  
empfangen, zu komprimieren.

25

5. Anordnung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Testsystem (2) einen programmierbaren algorithmischen Testvektorgenerator (4)  
enthält, der eine arithmetische Logik Einheit (ALU) aufweist und Testvektoren in Echtzeit  
5 erzeugt.
6. Verfahren zum Testen von Logikschaltkreisen, bei dem von einem auf einen Testsystem  
(2) angeordneten programmierbaren algorithmischen Testvektorgenerator (4) erzeugte  
Testvektoren zu einem zu testenden Schaltkreis (1) mit einer zu testenden  
10 Logikkomponente (8) übertragen werden und mittels einer Testantwortanalyseeinheit (5)  
die Testantwortvektoren komprimiert werden und die komprimierten Testantwortvektoren  
vom Testsystem (2) bewertet werden.
7. Integrierter Schaltkreis (1) mit einer Testantwortanalyseeinheit (5) und einem Test-  
15 kontrollblock (6), bei dem ein zu testender Schaltkreis (1) zu Zuführung von Testvektoren,  
die von einem auf einem Testsystem (2) befindlichen programmierbaren algorithmischen  
Testvektorgenerator (4) erzeugt werden, und zur Erzeugung von Testantwortvektoren  
vorgesehen ist, wobei die Testantwortanalyseeinheit (5) unter Steuerung des  
Testkontrollblockes (6) dazu vorgesehen ist, die Testantworten zu komprimieren.  
20
8. Testsystem (2) mit einem programmierbaren algorithmischen Testvektorgenerator (4)  
zur Erzeugung von Testvektoren, die zur Übertragung zu einem zu testenden Schaltkreis  
(1) vorgesehen sind und das Testsystem (2) dazu vorgesehen ist, von dem zu testenden  
Schaltkreis (1) übertragene Testantwortvektoren zu empfangen und zu bewerten.  
25
9. Testsystem nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Testantwortanalyseeinheit (5) zur Komprimierung der vom zu testenden  
Schaltkreis (1) übertragenen Testantwortvektoren in das Testsystem (2) integriert ist, das  
30 die komprimierten Testantwortvektoren bewertet.



1-II-PHCH000018

14

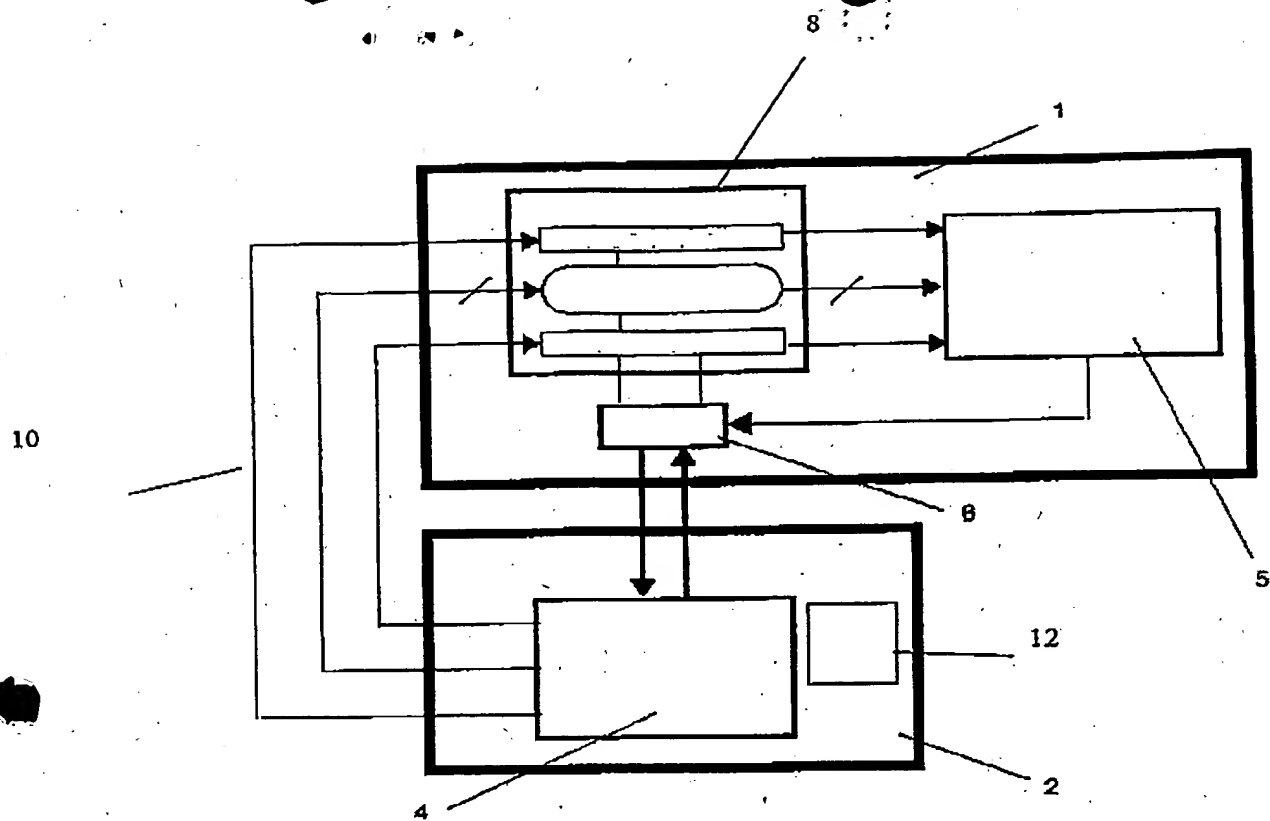


Fig. 3

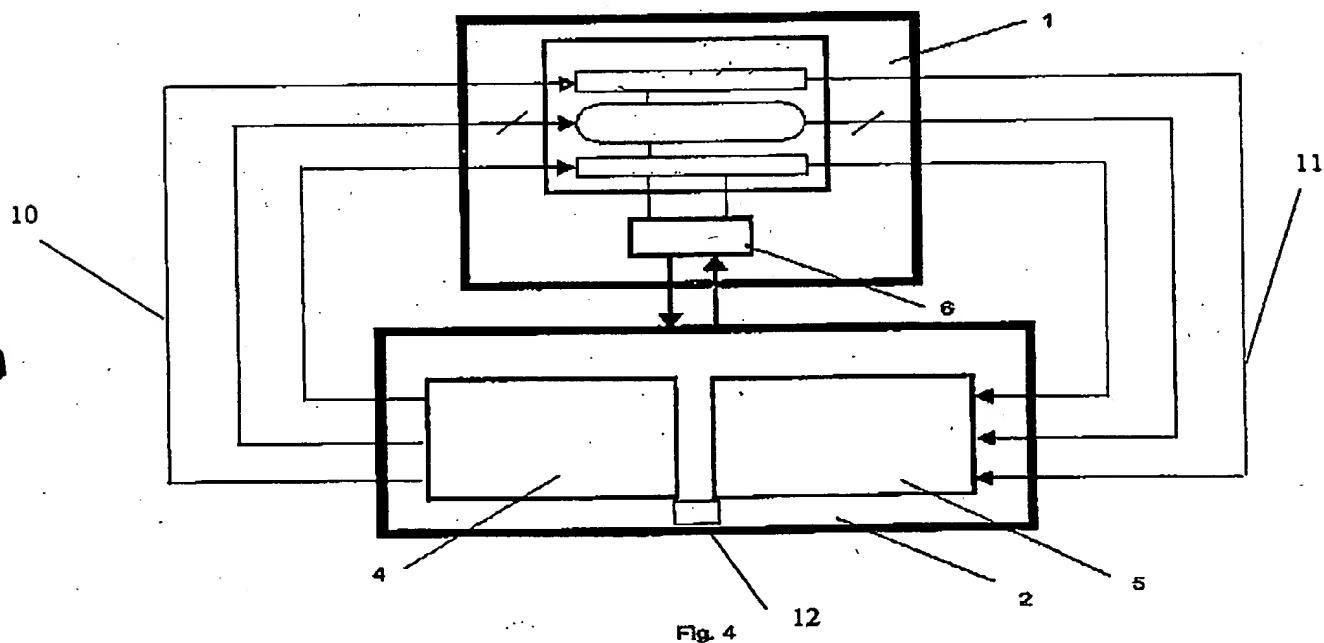


Fig. 4

2-II-PHCH000018